THE LEAP INSTITUTE PRESENTS

Electric Vehicle Maintenance

Training Workbook



Visit our site for more information:
www.theleapinstitute.org

THE LEAP INSTITUTE

CHAPTER 7 / CAPÍTULO 7
EV OPERATION & MAINTENANCE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Electric vehicle (EV) maintenance presents unique challenges due to the lack of universal service standards across manufacturers. Unlike traditional fuel-based vehicles, EVs rely on manufacturer-specific systems and protocols, which require specialized knowledge and tools to diagnose and service effectively.

El mantenimiento de vehículos eléctricos (VE) presenta desafíos únicos debido a la falta de estándares de servicio universales entre los fabricantes. A diferencia de los vehículos tradicionales de combustible, los VE se basan en sistemas y protocolos específicos del fabricante, que requieren conocimientos y herramientas especializadas para un diagnóstico y mantenimiento eficaces.

Fortunately, most battery BEVs and FCEVs require less frequent maintenance compared to gas-powered cars. In addition, advances in diagnostic technology, such as telematics and digital sampling oscilloscopes (DSOs), have made it easier for technicians to identify and fix issues.

Afortunadamente, la mayoría de los VE de batería y los VE de célula de combustible requieren un mantenimiento menos frecuente en comparación con los vehículos de gasolina. Además, los avances en la tecnología de diagnóstico, como la telemática y los osciloscopios de muestreo digital (OSD), han facilitado a los técnicos la identificación y solución de problemas.

Safety Precautions When Servicing EVs / Precauciones de Seguridad al Realizar el Mantenimiento de Vehículos Eléctricos

Servicing an EV comes with unique safety risks due to the high voltage involved and the quiet nature of electric drivetrains. Since EVs move silently, technicians need to take extra precautions to avoid accidents in the shop. Before working on an EV, always follow these steps:

El mantenimiento de un vehículo eléctrico conlleva riesgos de seguridad únicos debido al alto voltaje y al silencio de los sistemas de propulsión eléctricos. Dado que los vehículos eléctricos son silenciosos, los técnicos deben tomar precauciones adicionales para evitar accidentes en el taller. Antes de trabajar en un vehículo eléctrico, siga siempre estos pasos:

1. ***Place the gear selector in Park*** – Ensure the vehicle is fully stopped and secure. / ***Coloque el selector de marchas en Estacionamiento*** *– Asegúrese de que el vehículo esté completamente detenido y seguro.*

2. ***Chock the wheels*** *– Place wedges around the front and rear wheels to prevent movement. /* ***Calce las ruedas*** *– coloque cuñas alrededor de las ruedas delanteras y traseras para evitar que se muevan.*

3. ***Remove the ignition key or FOB*** – Keep the key at least 16 feet (5 meters) away from the vehicle to prevent accidental startup. */* ***Retire la llave de encendido o FOB*** *– mantenga la llave al menos a 16 pies (5 metros) de distancia del vehículo para evitar el arranque accidental.*

4. ***Apply Lockout Tagout (LOTO) procedures*** – LOTO ensures that all dangerous systems are powered off and cannot be accidentally activated during servicing. */* ***Aplicar procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO)*** *– LOTO garantiza que todos los sistemas peligrosos estén apagados y no se puedan activar accidentalmente durante el mantenimiento.*

CHAPTER 7 / CAPÍTULO 7
EV OPERATION & MAINTENANCE
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

LOTO (Lockout/Tagout) is a safety process used to control the release of dangerous energy from both stationary and mobile machinery and equipment. It is used to manage high electrical energy, as well as thermal energy that can cause fires or explosions. LOTO also helps control chemical energy, which includes exposure to harmful chemicals and toxins. Mechanical energy, such as energy from gravity or stored power, is another type of energy managed through LOTO. Additionally, it is important for controlling fluid power, including leftover hydraulic and pneumatic pressure. LOTO also addresses the risks associated with the loss of fluid power, like when hydraulic or pneumatic pressure suddenly drops. Finally, LOTO procedures are used during tire repair to ensure safety when removing tires and handling pressurized air.

LOTO devices should be hard to remove and only taken off following the right steps. Some examples of these devices are tags with the technician's name and phone number, and special keys kept in lockboxes that only the technician can access—this is useful when several parts of a vehicle need to be locked. You can also use switches that turn off the battery or electrical power and lock them with tags. Other helpful devices are covers that lock the steering wheel so it can't move, cable locks that wrap around parts and tighten like a belt, and big warning signs that explain why the machine is being worked on.

For example, if a mechanic is fixing the brakes and the battery is disconnected and locked with a tag showing their name, no one else can accidentally turn the power back on until the mechanic is done and removes the lock.

El bloqueo y etiquetado (LOTO) *es un proceso de seguridad que se utiliza para controlar la liberación de energía peligrosa de maquinaria y equipos, tanto fijos como móviles. Se utiliza para gestionar la alta energía eléctrica, así como la energía térmica que puede provocar incendios o explosiones. El LOTO también ayuda a controlar la energía química, que incluye la exposición a sustancias químicas y toxinas nocivas. La energía mecánica, como la energía de la gravedad o la energía almacenada, es otro tipo de energía que se gestiona mediante el LOTO. Además, es importante para controlar la potencia de los fluidos, incluida la presión hidráulica y neumática residual. El LOTO también aborda los riesgos asociados con la pérdida de potencia de los fluidos, como cuando la presión hidráulica o neumática cae repentinamente. Por último, los procedimientos LOTO se utilizan durante la reparación de neumáticos para garantizar la seguridad al desmontarlos y manipular aire presurizado.*

Los dispositivos LOTO *deberían ser difíciles de quitar y solo deben retirarse siguiendo los pasos correctos. Algunos ejemplos de estos dispositivos son las etiquetas con el nombre y el número de teléfono del técnico, y las llaves especiales guardadas en cajas de seguridad a las que solo el técnico puede acceder; esto es útil cuando es necesario cerrar varias partes de un vehículo. También puede usar interruptores que apaguen la batería o la corriente eléctrica y bloquearlas con etiquetas. Otros dispositivos útiles son las cubiertas que bloquean el volante para que no se mueva, los candados de cable que se enrollan alrededor de las piezas y se ajustan como un cinturón, y los grandes letreros de advertencia que explican por qué se está trabajando en la máquina.*

Por ejemplo, si un mecánico está reparando los frenos y la batería está desconectada y bloqueada con una etiqueta con su nombre, nadie más puede volver a encender el vehículo accidentalmente hasta que el mecánico termine y retire el candado.

Telematics Systems in Modern EVs
Sistemas Telemáticos en Vehículos Eléctricos Modernos

Telematics systems send data to enable real-time communication between the vehicle, the manufacturer, and infrastructure. This allows for better performance monitoring, more efficient repairs, and even remote repairs.

Los sistemas telemáticos envían datos para facilitar la comunicación en tiempo real entre el vehículo, el fabricante y la infraestructura. Esto permite una mejor monitorización del rendimiento, reparaciones más eficientes e incluso reparaciones remotas.

Types of Telematics:

1. **Vehicle-to-Infrastructure (V2I)**:
   - The vehicle sends data about its performance, including battery health, temperature, and power output, to the manufacturer's data center.
   - Technicians can receive real-time updates about potential issues before they become critical.
2. **Infrastructure-to-Vehicle (I2V)**:
   - Manufacturers can send updates, fixes, and performance optimizations directly to the vehicle.
   - Remote software updates and calibrations can resolve some issues without requiring a service visit.

Tipos de telemática:

1. *Vehículo a infraestructura (V2I)*:
   - *El vehículo envía datos sobre su rendimiento, incluyendo el estado de la batería, la temperatura y la potencia de salida, al centro de datos del fabricante.*
   - *Los técnicos pueden recibir actualizaciones en tiempo real sobre posibles problemas antes de que se vuelvan críticos.*
2. *Infraestructura a vehículo (I2V)*:
   - *Los fabricantes pueden enviar actualizaciones, correcciones y optimizaciones de rendimiento directamente al vehículo.*
   - *Las actualizaciones y calibraciones de software remotas pueden resolver algunos problemas sin necesidad de una visita de servicio.*

Telematics Systems in Modern EVs
Sistemas Telemáticos en Vehículos Eléctricos Modernos

Example:
An EV's battery system constantly monitors voltage and temperature using sensing lines. If an abnormal reading is detected, the system sends a signal through the **CAN (Controller Area Network)** to the **V2I** system. A manufacturer can diagnose the problem remotely and, in some cases, apply a fix via an **I2V** update.

Ejemplo:
El sistema de batería de un vehículo eléctrico monitoriza constantemente el voltaje y la temperatura mediante líneas de detección. Si se detecta una lectura anormal, el sistema envía una señal a través de ***la CAN (Red de Área del Controlador)*** *al sistema* ***V2I****. El fabricante puede diagnosticar el problema remotamente y, en algunos casos, aplicar una solución mediante una actualización* ***I2V****.*

Diagnostic Tools for EV Maintenance
Herramientas de Diagnóstico Para el Mantenimiento de Vehículos Eléctricos

When an EV is brought into the shop with an electrical issue, technicians rely on a range of tools to diagnose the problem. / *Cuando se lleva un vehículo eléctrico al taller con un problema eléctrico, los técnicos confían en una variedad de herramientas para diagnosticar el problema.*

Scan Tools and EST (Electrical Service Tools):

- These tools interface with the vehicle's onboard computer to read diagnostic trouble codes (DTCs).
- Scans provide a starting point for identifying electrical problems.

Herramientas de escaneo y EST (Herramientas de servicio eléctrico):

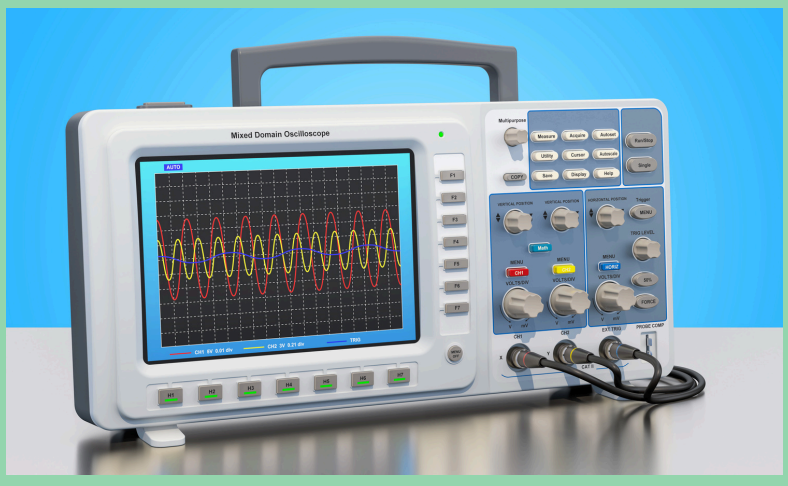
- *Estas herramientas interactúan con la computadora de a bordo del vehículo para leer los códigos de diagnóstico de problemas (DTC).*
- *Los escaneos proporcionan un punto de partida para identificar problemas eléctricos.*

Digital Sampling Oscilloscope (DSO):

- DSOs display electrical signals as waveforms, helping technicians detect issues that aren't visible through standard scan tools.
- High-speed DSOs can reveal problems with voltage spikes, grounding issues, and signal noise.
- The PicoScope is the industry-standard DSO due to its accuracy and comprehensive waveform library.
- Unlike basic scan tools, PicoScope can diagnose hidden faults that might not trigger error codes.

Osciloscopio de muestreo digital (DSO):

- *Los DSO muestran señales eléctricas como formas de onda, lo que ayuda a los técnicos a detectar problemas que no son visibles con las herramientas de escaneo estándar.*
- *Los DSO de alta velocidad pueden revelar problemas con picos de voltaje, problemas de conexión a tierra y ruido de señal.*



- *El PicoScope es el DSO estándar de la industria gracias a su precisión y su completa biblioteca de formas de onda.*
- *A diferencia de las herramientas de escaneo básicas, PicoScope puede diagnosticar fallas ocultas que podrían no generar códigos de error.*

Diagnostic Tools for EV Maintenance
Herramientas de Diagnóstico Para el Mantenimiento de Vehículos Eléctricos

Example / Ejemplo:

If a battery module is underperforming, a scan tool may only show a vague error code. A DSO, however, can capture the actual waveform of the module's electrical signal, showing irregularities that point to a grounding issue or voltage drop.

Si un módulo de batería presenta un rendimiento deficiente, es posible que un escáner solo muestre un código de error impreciso. Sin embargo, un DSO puede capturar la forma de onda real de la señal eléctrica del módulo, mostrando irregularidades que indican un problema de conexión a tierra o una caída de voltaje.

Summary / Resumen

Maintaining and repairing EVs requires specialized knowledge and tools. Safety is the top priority—technicians must follow strict procedures to prevent injury and accidental vehicle movement. Telematics systems enable real-time communication between vehicles and manufacturers, making it easier to detect and address performance issues. Diagnostic tools such as scan tools and DSOs help uncover and resolve electrical faults that standard diagnostics might miss.

El mantenimiento y la reparación de vehículos eléctricos requieren conocimientos y herramientas especializados. La seguridad es nuestra máxima prioridad: los técnicos deben seguir procedimientos estrictos para evitar lesiones y el movimiento accidental del vehículo. Los sistemas telemáticos permiten la comunicación en tiempo real entre vehículos y fabricantes, lo que facilita la detección y solución de problemas de rendimiento. Las herramientas de diagnóstico, como los escáneres y los DSO, ayudan a detectar y resolver fallos eléctricos que los diagnósticos estándar podrían pasar por alto.

By mastering these foundational skills, you'll be well-equipped to diagnose, repair, and maintain electric vehicles safely and effectively.

Al dominar estas habilidades fundamentales, estará bien preparado para diagnosticar, reparar y mantener vehículos eléctricos de forma segura y eficaz.

QUIZ / PRUEBA

1. **What is the purpose of the Lockout Tagout (LOTO) procedure when servicing an EV?**

a) To prevent the vehicle from rolling away
b) To ensure the vehicle's high-voltage systems are safely powered down
c) To check the vehicle's battery charge level
d) To reset the vehicle's onboard computer

1. ***¿Cuál es el propósito del procedimiento de bloqueo y etiquetado (LOTO) al realizar el mantenimiento de un vehículo eléctrico?***

a) Evitar que el vehículo se desplace
b) Garantizar que los sistemas de alto voltaje del vehículo se apaguen de forma segura
c) Comprobar el nivel de carga de la batería
d) Reiniciar la computadora de a bordo del vehículo

2. **How does Vehicle-to-Infrastructure (V2I) telematics help technicians maintain EVs?**

a) By increasing battery capacity
b) By allowing real-time data sharing about vehicle performance with manufacturers
c) By reducing the vehicle's energy consumption
d) By improving the vehicle's acceleration

2. ***¿Cómo ayuda la telemática de vehículo a infraestructura (V2I) a los técnicos en el mantenimiento de los vehículos eléctricos?***

a) Aumentando la capacidad de la batería
b) Permitiendo compartir datos en tiempo real con los fabricantes sobre el rendimiento del vehículo
c) Reduciendo el consumo de energía del vehículo
d) Mejorando la aceleración del vehículo

QUIZ / PRUEBA

3. **What is the primary advantage of using a digital sampling oscilloscope (DSO) over a standard scan tool?**

a) It can be used without manufacturer software
b) It provides real-time performance updates to the driver
c) It captures and displays electrical waveforms to diagnose hidden faults
d) It reduces the time needed to charge an EV

3. ***¿Cuál es la principal ventaja de usar un osciloscopio de muestreo digital (DSO) en comparación con un escáner estándar?***

a) Se puede usar sin el software del fabricante.
b) Proporciona actualizaciones de rendimiento en tiempo real al conductor.
c) Captura y muestra formas de onda eléctricas para diagnosticar fallas ocultas.
d) Reduce el tiempo necesario para cargar un vehículo eléctrico.

4. **Why is it important to remove the ignition key or FOB at least 16 feet (5 meters) away from an EV during servicing?**

a) To prevent accidental startup of the vehicle
b) To ensure accurate telematics communication
c) To discharge the battery
d) To reset the vehicle's performance settings

4. ***¿Por qué es importante retirar la llave de encendido o el llavero a distancia al menos a 5 metros (16 pies) de un vehículo eléctrico durante el mantenimiento?***

a) Para evitar el arranque accidental del vehículo.
b) Para garantizar una comunicación telemática precisa.
c) Para descargar la batería.
d) Para restablecer la configuración de rendimiento del vehículo.

QUIZ / PRUEBA

5. **If a vehicle's battery module shows inconsistent voltage but no error code appears on the scan tool, which tool would be most useful for diagnosing the problem?**

a) Telematics system
b) Digital sampling oscilloscope (DSO)
c) Lockout Tagout (LOTO) tool
d) Wheel chock

5. ***Si el módulo de batería de un vehículo muestra un voltaje inconsistente pero no aparece ningún código de error en el escáner, ¿qué herramienta sería más útil para diagnosticar el problema?***

a) Sistema telemático.
b) Osciloscopio de muestreo digital (DSO).
c) Herramienta de bloqueo y etiquetado (LOTO).
d) Calzo para ruedas.

BIBLIOGRAPHY

Bennett, S. (2024). Electric Vehicles: A Systems Approach [Online textbook]. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, Inc. Retrieved from https://www.g-w.com

Forbes Advisor. (n.d.). Car ownership statistics. Forbes. Retrieved August 18, 2025, from https://www.forbes.com/advisor/car-insurance/car-ownership-statistics/

McKibben, B. (2022, June 9). Wrong turn: America's car culture and the road not taken. Yale Environment 360. Retrieved from https://e360.yale.edu/features/wrong-turn-americas-car-culture-and-the-road-not-taken

Tiseo, I. (2024, September 16). Global transportation sector GHG emissions 2023, by country. Statista. Retrieved August 18, 2025, from https://www.statista.com/statistics/1084166/ghg-emissions-transportation-sector-globally-by-country/

Wood, E., Borlaug, B., Moniot, M., Lee, D.-Y., Ge, Y., Yang, F., & Liu, Z. (2023). The 2030 National Charging Network: Estimating U.S. Light-Duty Demand for Electric Vehicle Charging Infrastructure (NREL Report No. OSTI-85654). National Renewable Energy Laboratory. Retrieved from https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85654.pdf

California Air Resources Board. (2025). Advanced Clean Cars II. Retrieved August 18, 2025, from https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-cars-program/advanced-clean-cars-ii

Dlouhy, J. (2024, March 21). Jennifer Dlouhy on new tailpipe mandate and its impact on middle American voters [Video]. Bloomberg Radio, via YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=N98CtwsWrr8

Wood, E., Borlaug, B., Moniot, M., Lee, D.-Y., Ge, Y., Yang, F., & Liu, Z. (2023, June). The 2030 National Charging Network: Estimating U.S. Light-Duty Demand for Electric Vehicle Charging Infrastructure (NREL Report No. TP-5400-85654). National Renewable Energy Laboratory. https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85654.pdf

THE LEAP INSTITUTE

Visit our site for more information:
www.theleapinstitute.org

